

# MODIFIKASI SILIKA MESOPORI MCM-48 DENGAN LIGAN 1,5-DIFENILTIOKARBAZON dan PEMANFAATANNYA SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM $Zn^{2+}$

Pius Paseru Tatamailau\*, Paulina Taba, Maming

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin  
Kampus Tamalanrea Makassar 90425  
e-mail: [piuspaseru@ymail.com](mailto:piuspaseru@ymail.com)

**ABSTRAK.** Modifikasi silika mesopori MCM-48 dengan ligan 1,5-difeniltiokarbazon telah dilakukan dan dikarakterisasi dengan spektrofotometer FTIR dan difraksi sinar-X (XRD). Adsorpsi  $Zn^{2+}$  oleh 1,5-difeniltiokarbazon diamati dengan pengaruh pH, waktu kontak serta konsentrasi. Adsorpsi ion  $Zn^{2+}$  oleh MCM-48-NH mengikuti kinetika orde satu semu dengan nilai tetapan laju adsorpsi sebesar  $-0,0092 \text{ g/mg.menit}^{-1}$ . Model isothermal Langmuir dan Freundlich digunakan untuk mempelajari isothermal adsorpsi  $Zn^{2+}$  oleh MCM-48-NH. Hasil penelitian menunjukkan proses adsorpsi  $Zn^{2+}$  oleh MCM-48-NH lebih sesuai dengan isothermal Freundlich dengan kapasitas adsorpsi sebesar  $0,01712 \text{ mmol/g}$ .

*Kata kunci : 1,5-difeniltiokarbazon, adsorpsi, MCM-48, MCM-48-NH,  $Zn^{2+}$*

**ABSTRACT.** Modification of silica MCM-48 mesopori with 1,5-difeniltiokarbazon ligands has been performed and was characterized by FTIR spectrophotometer and X-ray diffraction (XRD). Adsorption of  $Zn^{2+}$  by 1,5-difeniltiokarbazon was observed with the influence of pH, contact time and concentration.  $Zn^{2+}$  ion adsorption by MCM-48-NH follows pseudo first order kinetic with rate constants value for adsorption of  $-0,0092 \text{ g/mg.minutes}^{-1}$ . Langmuir and Freundlich isotherm model were used to study adsorption isotherm  $Zn^{2+}$  by MCM-48-NH. The results showed that the process of adsorption of  $Zn^{2+}$  by MCM-48-NH was more compatible with to the isotherm Freundlich with adsorption capacity of  $0.01712 \text{ mmol/g}$ .

*Keywords: 1,5-difeniltiokarbazon, adsorption, MCM-48, MCM-48-NH,  $Zn^{2+}$*

## PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan dan kemajuan teknologi di sektor perindustrian memberikan dampak yang positif bagi kesejahteraan masyarakat, namun dapat juga memberikan dampak negatif sehingga memacu terjadinya pencemaran lingkungan baik itu pencemaran air, tanah maupun udara. Pencemaran air yang

diakibatkan oleh dampak perkembangan industri harus dapat dikendalikan, karena bila tidak dilakukan sejak dini akan menimbulkan permasalahan yang serius bagi kelangsungan hidup manusia maupun alam sekitarnya. Salah satu hal yang perlu dilakukan dalam pengendalian dan pemantauan lingkungan adalah melakukan analisis terhadap kandungan logam berat pada perairan (Connel dan Miller, 1995).

Salah satu logam berat yang dapat mencemari lingkungan dan bersifat toksik adalah seng (Zn). Di alam, logam ini tidak berada dalam keadaan bebas, tetapi dalam bentuk terikat dengan unsur lain yang berupa mineral. Seng merupakan logam yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah kecil tetapi jika jumlahnya dalam air melebihi ambang batas maka logam ini dapat meningkatkan toksisitas pada air berupa rasa kesat dan dapat menimbulkan gejala muntaber (Effendi, 2003).

Berbagai metode telah dilakukan oleh para peneliti untuk mengurangi kandungan ion logam berat dalam limbah. Salah satu metode tersebut adalah adsorpsi (Slamet dkk., 2005). Metode adsorpsi umumnya berdasarkan pada interaksi ion logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan adsorben melalui pembentukan kompleks dan biasanya terjadi pada permukaan padatan yang mengandung gugus fungsional seperti  $-OH$ ,  $-NH$ ,  $-SH$  dan  $-COOH$  (Stum dan Morgan, 1996).

Silika mesopori mampu berikatan dengan senyawa organik yang memiliki afinitas baik terhadap atom silikon maupun atom oksigen. Penambahan gugus fungsi pada permukaan material silika mampu menjadi pengompleks logam berat (Buhani dkk., 2009). Tetapi silika mesopori memiliki keterbatasan dalam mengadsorpsi logam berat karena terbatasnya situs aktif yang dimiliki silika

mesopori, yaitu hanya berupa siloksan (Si-O-Si) dan silanol (=Si-OH), oleh karena itu modifikasi silika mesopori perlu dilakukan dengan senyawa yang memiliki gugus fungsional aktif untuk mengatasi kelemahan ini (Sriyanti dkk., 2004).

Beberapa senyawa telah digunakan untuk memodifikasi silika, salah satu diantaranya adalah ligan 1,5-difeniltiokarbazon. Ligan ini masuk ke dalam golongan ligan polidentat karena dapat menyumbangkan lebih dari dua atom donor dalam pembentukan ikatan dengan logam. Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian tentang modifikasi silika mesopori MCM-48 dengan 1,5-difeniltiokarbazon dilakukan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan pada percobaan ini antara lain NaOH p.a (E.Merck), HCl p.a (E.Merck), Ludox HS40 (silica koloidal; SiO<sub>2</sub> = 39,5% b/b, Na<sub>2</sub>O = 0,4% b/b dan H<sub>2</sub>O = 60,1% b/b), Triton X-100 (Sigma Aldrich), cetil trimetil amonium bromida (CTAB), akuades, akuabides, etanol 96%, ZnCl<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>COOH 96% (E.Merck), HNO<sub>3</sub> (E.Merck), kertas saring (Whatman no.42), kertas pH universal, NaCl, difenilkarbazon, toluena p.a, dan dietil eter p.a (E.Merck).

### **Alat**

Alat-alat yang digunakan pada percobaan ini antara lain peralatan gelas yang umum digunakan dalam laboratorium kimia, termometer, oven (*Gen Lab*), neraca analitik (Ohaus), *magnetik stirrer*, *hotplate stirrer*, pemanas air (*Waterbath Advantec TBS271SA*), cawan, pompa vakum (*Sargent-Welch Co. Model 1400*), penyaring buchner, ayakan, pH meter (*Hanna Instrumen*), SSA (*buck scintific model 205 VGP*), FTIR (*Shimadzu 8300*), dan XRD (*Shimadzu 7000*).

**Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2015 hingga Oktober 2015 di Laboratorium Kimia Fisika, Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia Terpadu Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Hasanuddin.

**Prosedur Penelitian****Sintesis Silika Mesopori MCM-48**

Sebanyak 14,3 gram larutan ludox HS40 dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL dan dicampur dengan 45,25 gram larutan NaOH 1M. Campuran dipanaskan sambil diaduk selama 2 jam pada suhu 80 °C.

Campuran surfaktan dibuat dengan melarutkan 6,12 gram CTAB dan 1,34 gram Triton X-114 dalam gelas kimia 100 mL secara bersamaan dan ditambahkan 83,47 gram akuades sambil dipanaskan. Setelah larutan sodium tetrasilikat dan larutan surfaktan dingin, kedua larutan dicampurkan dengan cepat dalam botol polipropilen. Botol langsung ditutup dan dikocok dengan kuat selama 15 menit.

Campuran gel yang dihasilkan dipanaskan pada kondisi statis pada 100 °C selama 24 jam. Pada tahap ini, mesofe surfaktan silika dibentuk. Untuk menghindari pemisahan dari mesofe pada tahap awal pemanasan, botol yang berisi campuran sekali-kali dikocok. Campuran reaksi kemudian didinginkan pada suhu kamar dan asam asetat 30% ditambahkan ke dalam campuran untuk mengatur pH sampai 10. Setelah pH mencapai 10, campuran dipanaskan lagi pada suhu 100 °C selama 24 jam kemudian didinginkan pada suhu kamar.

Silika mesopori MCM-48 yang terbentuk disaring, dicuci dengan akuades kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 120 °C. Surfaktan dihilangkan dari produk berwarna putih melalui pencucian dengan campuran HCl-etanol. Satu gram MCM-48 dicuci dengan 25 mL HCl 0,1 M dalam larutan etanol 50 % sambil

diaduk selama 30 menit pada suhu kamar. Pencucian diulang sekali lagi kemudian campuran disaring, endapan dicuci dengan air suling dan dikeringkan pada suhu 100 °C. Silika mesopori MCM-48 dikarakterisasi menggunakan XRD dan FTIR.

#### **Modifikasi Silika Mesopori MCM-48**

Sebanyak 0,12 gram difeniltiokarbazon dimasukkan ke dalam campuran 10 mL toluena dan 5 mL etanol kemudian diaduk sampai difeniltiokarbazon larut sempurna. Sebanyak 0,5 gram silika mesopori MCM-48 dimasukkan ke dalam larutan di atas, kemudian diaduk dengan pengaduk magnet selama 4 jam , lalu disaring, dicuci dengan 5 mL toluena, 5 mL etanol dan 5 mL dietil eter, kemudian dikeringkan pada 60 °C dalam oven. Selanjutnya MCM-48 yang telah termodifikasi 1,5-difeniltiokarbazon dikarakterisasi dengan FTIR dan XRD.

#### **Penentuan pH Optimum Adsorpsi**

Sebanyak 0,1 gram silika mesopori termodifikasi dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 50 mL  $\text{Zn}^{2+}$  10 ppm, kemudian campuran diaduk dengan variasi pH 4, 5, 6, dan 7. Campuran tersebut disaring menggunakan penyaring vakum dengan kertas saring Whatman-42. Absorbansi filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom.

#### **Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi**

Sebanyak 0,1 gram silika mesopori termodifikasi dimasukkan ke dalam erlenmeyer berbeda yang berisi 50 mL  $\text{Zn}^{2+}$  10 ppm. Campuran diaduk pada pH optimum dengan variasi waktu 120, 150, 180, 210, 240 dan 300 menit lalu disaring dengan kertas saring Whatman-42. Absorbansi filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom.

#### **Penentuan Kapasitas Adsorpsi**

Sebanyak 0,1 gram silika mesopori termodifikasi dimasukkan ke dalam 5 erlenmeyer berbeda yang berisi 50 mL larutan  $\text{Zn}^{2+}$  dengan variasi konsentrasi 10,

20, 40, 80, dan 160 ppm. Larutan kemudian diaduk pada pH optimum dan waktu optimum. Campuran tersebut disaring menggunakan penyaring vakum dengan kertas saring Whatman-42. Absorbansi filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Kapasitas adsorpsi dapat ditentukan dengan menggunakan isothermal adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

#### **Analisis FTIR**

Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada MCM-48 dan MCM-48-NH. Silika mesopori MCM-48 dan MCM-48-NH sebelum dan setelah adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  pada pH dan waktu optimum dikeringkan pada 100 °C. Sampel dicampur dengan KBr (1:10) dan dibuat pelet, lalu dianalisis pada rentang bilangan gelombang 4500-350  $cm^{-1}$ , resolusi 4  $cm^{-1}$  dan jumlah scan sama dengan 300 pada FTIR.

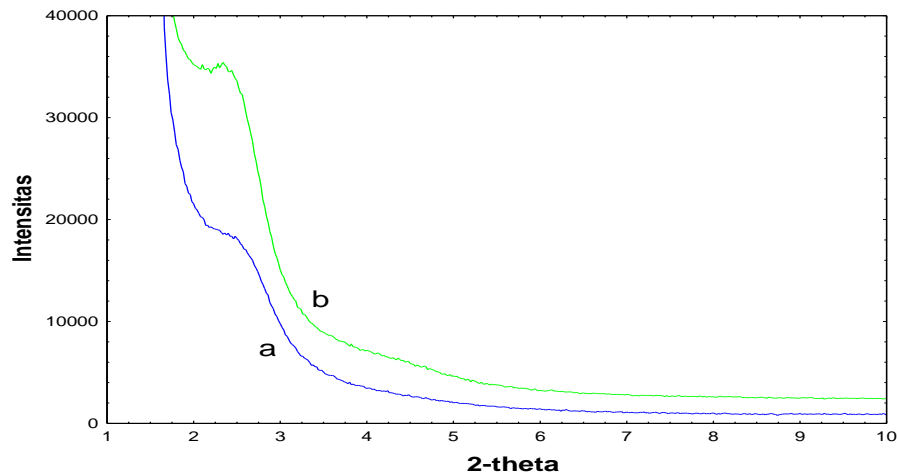
#### **Analisis XRD**

Analisis XRD dilakukan untuk mengetahui apakah MCM-48 yang telah disintesis memiliki keteraturan pori yang sama dengan MCM-48 yang telah disintesis oleh peneliti sebelumnya. Pola XRD ditentukan melalui Difraktometer Shimadzu 6100 yang menggunakan Cu ( $\lambda = 1,540562 \text{ \AA}$ ) sebagai sumber radiasi dan dioperasikan pada 40 kV dan 30 mA dan dianalisis pada 2 *theta* mulai 1,5-10°. Kecepatan scan sebesar 5° menit<sup>-1</sup> dan *divergent slit* sebesar 1° serta *receiving slit* sebesar 0,3 mm.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Analisis dengan X-Ray Diffraction (XRD)**

Karakterisasi MCM-48 dilakukan dengan menggunakan XRD. Gambar 3 menunjukkan pola difraksi sinar-X adsorben MCM-48 dan MCM-48-NH.

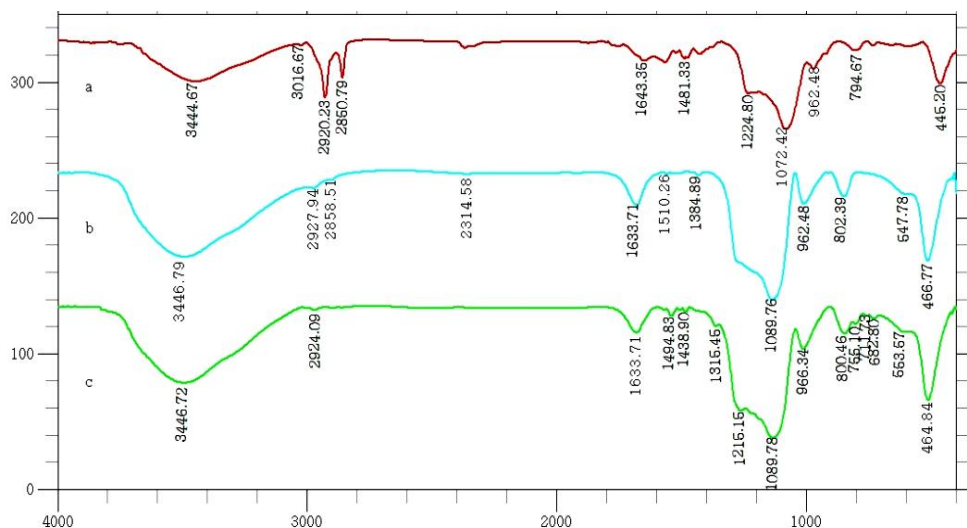


Gambar 3. (a) Pola difraksi sinar-X MCM-48 dan (b) Pola difraksi sinar-X MCM-48-NH.

Pola difraksi memperlihatkan adanya puncak melebar dengan pusat puncak pada  $2\theta$  di sekitar  $2,5^\circ$  dengan Indeks Miller 211. Puncak ini merupakan salah satu puncak khas dari MCM-48. Pola difraksi MCM-48 setelah dimodifikasi (MCM-48-NH) masih dipertahankan yang menunjukkan keteraturan porinya tidak berubah, namun ada penurunan intensitas puncak pada  $2,5^\circ$  menunjukkan bahwa kestabilan MCM-48 menurun. Puncak-puncak lain yang khas untuk MCM-48 tidak terlihat. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan alat XRD yang digunakan, dimana alat ini tidak dilengkapi dengan fasilitas untuk pengukuran dengan sudut  $2\theta$  di bawah  $10^\circ$ . Pola difraksi sinar-X ini sesuai dengan pola difraksi pada penelitian sebelumnya yang dilaporkan Saad, dkk (2009).

#### **Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR)**

Hasil analisis FTIR dari MCM-48 dan MCM-48-NH dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan spektrum FTIR dari MCM-48 sebelum pencucian dengan HCl-etanol, MCM-48 setelah pencucian 5 kali dan MCM-48 setelah dimodifikasi dengan ditizon. Bilangan gelombang puncak serapan dijelaskan pada Tabel 2.



Gambar 4. Spektra FTIR dari (a) MCM-48 sebelum pencucian dengan HCl-etanol, (b) setelah pencucian 5 kali dan (c) MCM-48-NH

Tabel 2. Interpretasi hasil spektrum FTIR

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )		
		MCM-48 sebelum pencucian	MCM-48	MCM-48-NH
1	Vibrasi tekuk =Si-O dari (=Si-O-Si=)	455,20	466,77	464,84
2	Vibrasi ulur simetris dari =Si-O pada (=Si-O-Si=)	794,67	802,39	800,46
3	Vibrasi ulur Si-O dari Si-OH	962,48	962,48	966,34
4	Vibrasi ulur simetris =Si-O dari (=Si-O-Si=)	1072,42 1224,80	1089,76	1091,78
5	Vibrasi ulur -OH dari =Si-OH	3444,67	3446,79	3446,72
6	Vibrasi C-H ulur -CH <sub>2</sub> simetri -CH <sub>2</sub> asimetri -CH <sub>3</sub> asimetri	2850,79 2920,23 3016,67	2858,51 2927,94 -	- 2924,09 -
7	Vibrasi C-H tekuk	1481,33	-	1438,90
8	Vibrasi gugus -SH C=S	- -	- -	2924,09 1315,45
9	Vibrasi gugus -NH C-N	- -	- -	1633,71 1215,15
10	Vibrasi C=C Aromatik	-	-	1494,83
11	Vibrasi benzena mono-substitusi	- -	- -	766,10 711,79



Gambar 4(a) memperlihatkan puncak yang lebar pada daerah bilangan gelombang  $3444,67\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi ulur  $\text{-OH}$ . Puncak ini merupakan kontribusi dari gugus hidroksil dan air yang teradsorpsi secara fisika oleh MCM-48. Model C-H ulur terdiri atas  $\text{-CH}_2$  simetri pada  $2850,79\text{ cm}^{-1}$  dan  $\text{-CH}_2$  antisimetri pada  $2920,23\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan spektra dari surfaktan.  $\text{-CH}_3$  asimetri yang terdapat pada daerah  $3016,67\text{ cm}^{-1}$  tidak terlihat jelas pada spektrum ini. Model C-H tekuk diamati pada daerah bilangan gelombang  $1481,33\text{ cm}^{-1}$ . Pita serapan kuat pada bilangan gelombang  $1072,42\text{ cm}^{-1}$  dan  $1224,80\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ulur antisimetri dari Si-O-Si. Pita serapan lemah pada bilangan gelombang  $962,48\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ulur Si-O dari Si-OH. Sedangkan vibrasi ulur simetris dari Si-O-Si ditunjukkan pada pita serapan dengan bilangan gelombang  $794,67\text{ cm}^{-1}$  dan didukung oleh vibrasi tekuk Si-O-Si pada bilangan gelombang  $455,20\text{ cm}^{-1}$ . Puncak yang lemah pada daerah bilangan gelombang  $794,67\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ulur Si-O dari kisi silikat.

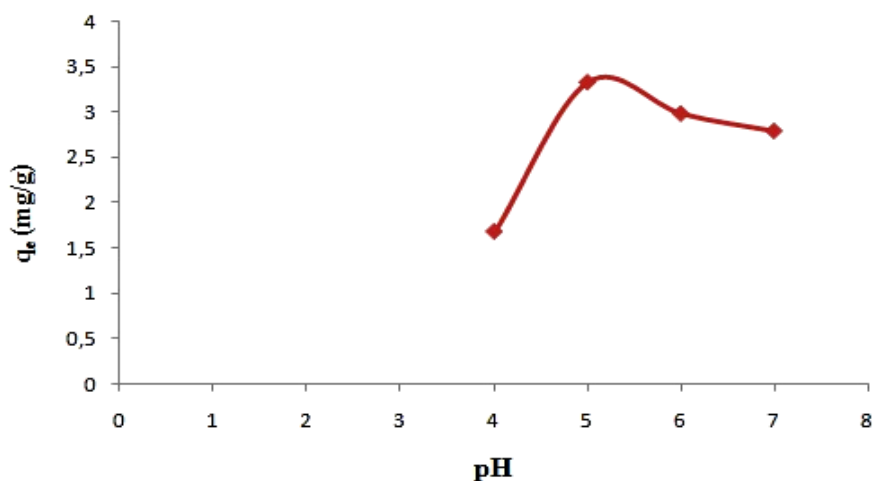
Pada gambar 4(b), pita serapan  $\text{-CH}_2$  asimetri dengan bilangan gelombang  $2858,51$  yang hampir seluruhnya hilang yang menunjukkan bahwa hampir semua surfaktan telah hilang setelah pencucian. Puncak yang kuat yang diamati pada  $1081,76\text{ cm}^{-1}$  dan puncak yang lemah pada  $966,34\text{ cm}^{-1}$  dan  $802,39\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ulur Si-O dari kisi silikat. Setelah pencucian 5 kali, puncak  $1072,42\text{ cm}^{-1}$  bergeser ke bilangan gelombang yang lebih besar yaitu  $1089,76\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya kontraksi kisi dengan hilangnya *template* (surfaktan).

Gambar 4(c) menunjukkan modifikasi MCM-48 dengan 1,5-difeniltiokarbazon yang diperlihatkan oleh munculnya pita serapan pada bilangan gelombang  $1438,90\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan serapan vibrasi  $\text{-CH}$  tekuk dan

ditunjang dengan serapan vibrasi C-N pada bilangan gelombang 1215,15  $\text{cm}^{-1}$ . Selain itu, hal yang menunjukkan bahwa silika mesopori MCM-48 telah termodifikasi oleh ligan 1,5-difeniltiokarbazon (MCM-48-NH) berhasil disintesis adalah adanya gugus amina, -NH, -SH, C=C aromatik dan C=S yang terlihat berturut-turut pada bilangan gelombang 1633,71; 2924,09; 1494,83 dan 1315,45  $\text{cm}^{-1}$  serta gugus C-N yang berhimpit dengan Si-O.

### Penentuan pH Optimum

Adsorpsi  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH sangat bergantung pada pH, dan pengaruh pH pada adsorpsi  $\text{Zn}^{2+}$  ditunjukkan pada Gambar 5.



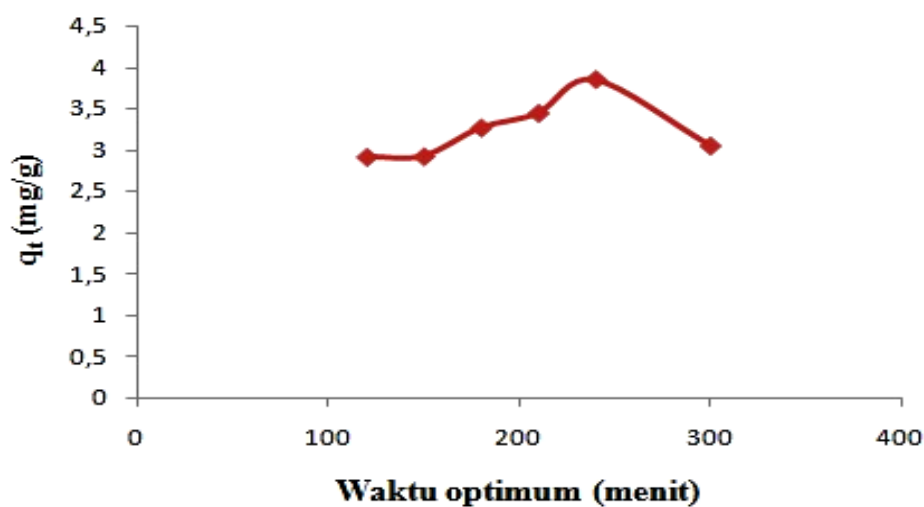
Gambar 5. Pengaruh pH terhadap adsorpsi  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH

Jumlah ion  $\text{Zn}^{2+}$  yang diadsorpsi pada pH 4 sebanyak 1,6795 mg/g. Jumlah ini meningkat pada pH 5 yaitu 3,3269  $\text{mg.g}^{-1}$  dan menurun pada pH 6 dan pH 7 yang berturut-turut sebanyak 2,9807 dan 2,7884 mg/g. Jadi, pH optimum adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  oleh silika mesopori MCM-48-NH adalah 5 dengan jumlah ion yang diadsorpsi 3,3269 mg/g. Menurut Han dkk. (2012), pada pH rendah jumlah ion  $\text{Zn}^{2+}$  rendah. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya gugus amino yang terprotonasi sehingga kation ditolak secara elektrostatis. Pada pH yang relatif tinggi, gugus amino yang terprotonasi menurun sehingga tingkat penyerapan lebih tinggi dari

ion  $\text{Zn}^{2+}$  sehingga permukaan MCM-48-NH akan bermuatan negatif yang menguntungkan dalam proses adsorpsi  $\text{Zn}^{2+}$ .

#### **Penentuan Waktu Kontak Optimum**

Adsorpsi  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH juga bergantung pada waktu optimumnya, pengaruh waktu optimum tersebut pada adsorpsi  $\text{Zn}^{2+}$  ditunjukkan pada gambar 6.



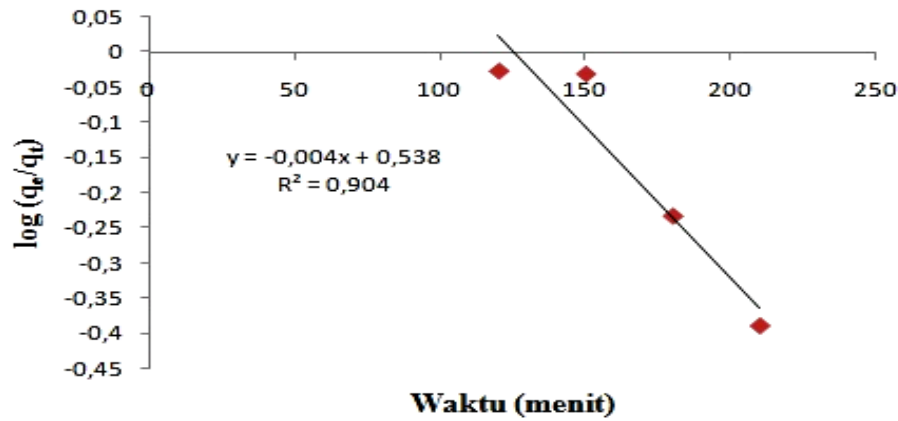
Gambar 6. Pengaruh waktu optimum pada adsorpsi  $\text{Zn}^{2+}$

Adsorpsi  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH semakin meningkat dengan bertambahnya waktu kontak. Pada menit ke 120, jumlah ion  $\text{Zn}^{2+}$  yang teradsorpsi sebanyak 2,9154 mg/g dan mengalami peningkatan sebanyak 3,8538 mg/g pada menit ke 240. Namun setelah 240 menit, jumlah ion  $\text{Zn}^{2+}$  yang teradsorpsi tidak lagi meningkat bahkan cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena permukaan adsorben yang telah jenuh, sehingga waktu kontak optimum yang digunakan untuk mengadsorpsi  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH adalah 240 menit.

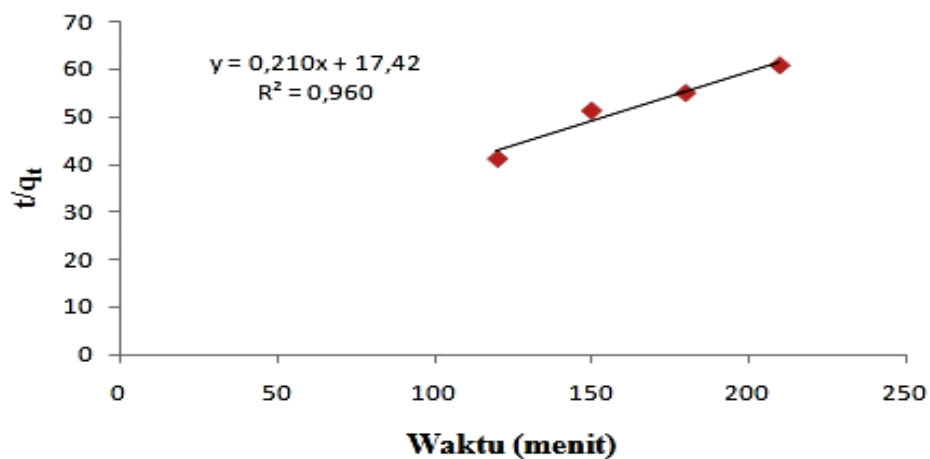
#### **Kinetika Adsorpsi terhadap Logam $\text{Zn}^{2+}$**

Kinetika adsorpsi merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi karena menunjukkan tingkat kecepatan penyerapan adsorben terhadap adsorbatnya. Model kinetika adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  yang digunakan adalah persamaan

orde satu semu dan orde dua semu yang akan diperlihatkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Kinetika orde satu semu untuk adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH



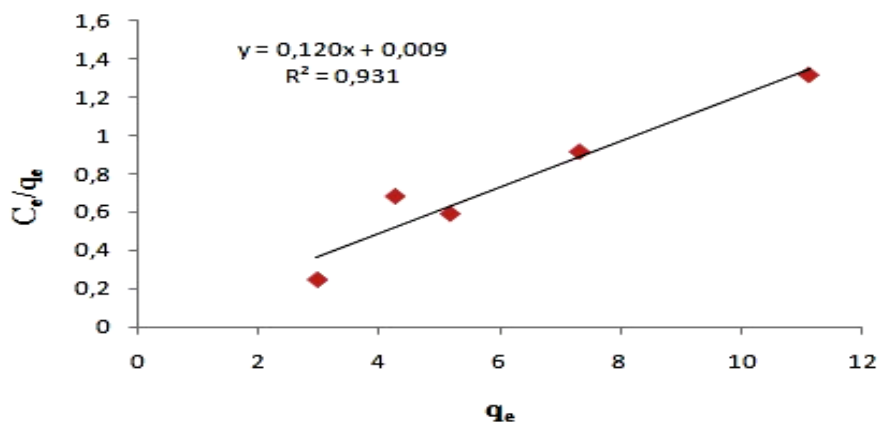
Gambar 8. Kinetika orde dua semu untuk adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH

Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan hubungan garis lurus dengan nilai  $R^2$  (kuadrat terkecil) berturut-turut 0,904 dan 0,960 untuk kinetika orde satu semu dan kinetika orde dua semu. Nilai  $q_e$  yang dihitung berdasarkan model kinetika orde satu semu dan orde dua semu untuk adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  berturut adalah 3,451 dan 4,761 mg/g dengan nilai tetapan laju adsorpsi masing-masing -0,0092 dan 0,00253 g/mg.menit<sup>-1</sup>. Nilai  $q_e$  yang diperoleh secara eksperimen adalah 3,8538

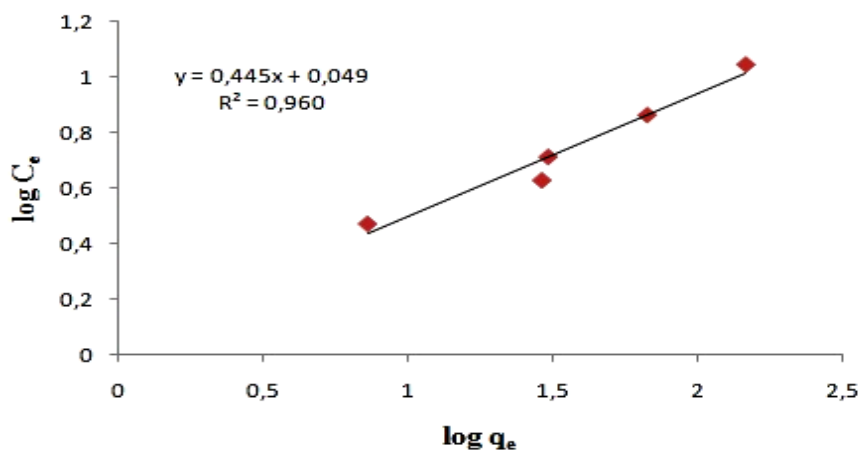
mg/g. Jadi, adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH mengikuti model kinetika orde satu semu dengan nilai tetapan laju adsorpsi (k) adalah  $-0,0092 \text{ g/mg} \cdot \text{menit}^{-1}$ .

### Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Ada dua model isothermal adsorpsi yang digunakan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH yaitu isothermal Langmuir dan Freundlich. Penentuan isothermal adsorpsi menandakan adanya hubungan dengan kapasitas adsorpsi, oleh karena itu dibuat kurva  $C_e$  versus  $C_e/q_e$  menurut model adsorpsi Langmuir (Gambar 7) dan kurva  $\log C_e$  versus  $\log q_e$  menurut model Freundlich (Gambar 8). Dengan membandingkan nilai garis kuadrat kecil, maka akan dipilih model isothermal adsorpsi yang sesuai.



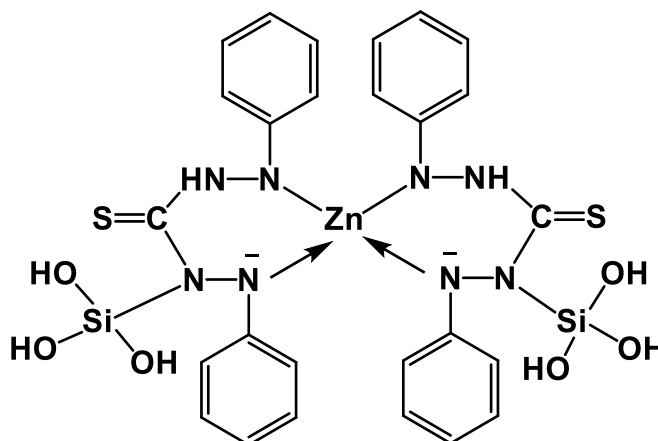
Gambar 9. Isothermal Langmuir untuk Adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH



Gambar 10. Isothermal Freundlich untuk adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH

Adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  dengan menggunakan silika mesopori MCM-48-NH dengan model isothermal Langmuir menghasilkan koefisien korelasi sebesar 0,931. Sementara isothermal Freundlich menghasilkan koefisien korelasi sebesar 0,960. Nilai kapasitas adsorpsi ( $Q_0$ ) yang diperoleh dari isothermal Langmuir yaitu sebesar 0,1274 mmol/g dengan intensitas adsorpsi ( $b$ ) sebesar 13,3511 L/mg. Nilai kapasitas adsorpsi ( $k_2$ ) yang diperoleh dari isothermal Freundlich yaitu sebesar 0,01712 mmol/g dengan intensitas adsorpsi ( $n$ ) sebesar 2,24719 g/L.

Adapun reaksi kompleks yang terbentuk antara logam  $\text{Zn}^{2+}$  dengan MCM-48-NH dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Kompleks  $\text{Zn}^{2+}$  dengan MCM-48-NH

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa MCM-48-NH yang dimodifikasi memiliki keteraturan pori yang hampir sama dengan MCM-48. pH optimum adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH adalah 5 dengan waktu optimum 240 menit. Adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH mengikuti kinetika orde satu semu dengan nilai tetapan laju adsorpsi sebesar - 0,0092 g/mg.menit<sup>-1</sup>. Adsorpsi ion  $\text{Zn}^{2+}$  oleh MCM-48-NH mengikuti isothermal adsorpsi Freundlich dengan kapasitas adsorpsi 0,01712 mmol/g.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardhika, 2006, Daur Ulang Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Batubara Sebagai Adsorben, UPN Veteran, Jawa Timur.
- Beck, J. S., Vartuli, J. C., Roth, W. J., leonowics, M.E., Kresge, C. T., Schmitt, K. D., Chu, C. T.W., Olson, D. H., Shppard, E.W., McCullen, S. B., Higgins, J. B., Schlenker, J. L., 1992, A New Family of Mesoporous Molecular Sieves Prepared with Liquid Crystal Templates, *J. Am. Chem. Soc.*, **114**, 10834-10843.
- Bernasconi, G., 1995, Teknologi Kimia Bagian 2, PT Paramita, Jakarta.
- Borrow, G.M., 1996, Physical Chemistry, Sixth Edition, P321, MC. Graw Hill Companies Inc, USA.
- Buhani, Narsito, Nuryono, Kunarti, E.S., 2009, Amino and Mercapto-silica Hybrid for Cd(II) Adsorption in Aqueous Solution, *Indo. J. Chem*, **9**(2): 170-176.
- Buhani, Narsito, Nuryono, Kunarti, E.S., 2010, Production of Metal Ion Imprinted Polymer from Mercapto-Silica Through Sol-Gel Process as Selective Adsorbent of Cadmium, *Desalination*, 251: 83-89.
- Connel, D.W., dan Miller, G.J., 1995, Kimia dan Ekotosikologi Pencemaran, UI Press, Jakarta.
- Darmono, 2001, Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam, UI-Press, Jakarta.
- Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan IPB*, Kanisius, Bogor.
- Fyfe, C. A., Fu, G., 1995, *J. Am. Chem. Soc.* Structure Organization of Silicate Polyanions with Surfactants: A New Approach to the Syntheses, Structure
- Guerra, D. L., Oliviera, H. C. P., da Costa, P. C. C., Viana, R. R., Aeroldi, C., 2010, Adsorption Chromiun(VI) Ions on Braciliansmectite: Effect of Contact Time, pH, concentration, and calorimetric Investigation, *Catena* **82**, 35-44
- Gunawan, B., dan Azhari, C.D., 2010, *Karakterisasi Spektrometri IR dan Scanning Electron Microscopy (SEM) Sensor Gas dari Bahan Polimer Poly Ethelyn Glycol (PEG)*, Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus, Surabaya.
- Han, Y., Fang, K., Gu, X., Chen, J., 2012, *J. Chem. Eng. Data*, 57, 2059-2066.
- Huo, Q., Margolese, D. I., Stucky, G. D., 1996, Surfactant Control of Phases in the Synthesis of Mesoporous Silica-Based Materials, *Chem. Mater.* **8**(5), 1147-1160.
- Hutagalung, H.P., D.S Permana, dan S.H. Riyono. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Buku 2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. LIPI. Jakarta.

- Khopkar, S. M.. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta. Penerbit Universitas Indonesia. Hal. 216-217.
- Kresge, C. T., Leonowicz, M. E., Roth, W. J., Vartuli, J. C., Beck, J. S., 1992, Ordered Mesoporous Molecular Sieve Synthesized by a Liquid-crystal Template Mechanism, *Nature*, 359, 710-712.
- Lindsay, W. L., 1972. Zinc in soils and plant nutrition. Ad. in Agron.
- Mahmoud, M., Al-Saadi, M.S.M., 2007, Silica Physical Adsorbed-diphenilkarbozone as a Selective Solid Phase Extractor and Preconcentrator for Chromium(III) and Iron(III), *J Saudi Chem., Soc*, **11**(2): 331-340.
- McNeely, R.N., Nelmanis, V.P., Dwyer, L., 1979, Water Quality Source Book A Guide to Water Quality Branch, Ottawa, Canada, p89.
- Monnier, A., Schüth, F., Huo, Q., Kumar, D., Margolese, D., Maxwell, R. S., Stucky, G.D., Krishnamurty, M., Petroff, P., Firouzi, A., Janicke, M., Chmelka, B. F., 1993, Cooperative Formation Inorganic-Organic Interfaces in the Synthesis of Silicate Mesostructures, *Science* **261**, 1299-1303.
- Moore, J.W., 1991, Inorganic Contaminants of Surface Water, Springer-Verlag, New York, p334.
- Ören, A. H., Kaya, A., 2006, factors Affecting Adsorption Characteristic of  $Zn^{2+}$  on Two Natural Zeolites, *J. Hazard. Mater B*, **131**, 59-65
- Pongsendana, M., 2013, *Modifikasi Silika Mesopori MCM-48 dengan Gugus Tiol untuk Adsorpsi Ion Logam Ag(I)*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Quek, S.Y., Wase, D.A.J., Forster, C.F., 1998, The Use of Sago Waste for The Sorption of Lead and Copper, *Water SA* (3) 251-256.
- Razak, H., 1980, Pengaruh Logam Berat Terhadap Lingkungan, *Pewarta Oseana* :2, Jakarta, LON-LIPI.
- Reynolds, Tom, D., 1982. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Wadsworth Inc: California.
- Ryoo, R., Joo, S., Kim, J.M., 1999, Synthesis of Highly Ordered Carbon Molecular Sieves Via Template-Mediated Structural, *J. Phys.Chem B*, **103**, 7743-7746.
- Saad, R., Joo, S., Kim, J.M., 1999, Synthesis of Highly Ordered Carbon Molecular Sieves Via Template-Mediated Structural, *J. Phys.Chem B*, **103**, 7743-7746



- Slamet, Arbianti, R., Daryanto, 2005, Pengolahan Limbah Organik (Fenol) dan Logam Berat ( $\text{Cr}^{6+}$  atau  $\text{Pt}^{4+}$ ) Secara Simultan dengan Fotokatalis  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO-TiO}_2$ , *Makara, Teknologi*, 9 (2), 66-71.
- Sriyanti, Taslimah, Nuryono, Narsito, 2004, Sintesis Silika Gel Terenkapsulasi Senyawa Organik Aktif dari Abu Sekam Padi untuk Adsorpsi Selektif Ion Logam Berat, *Hibah Pekerti*, Jurusan Kimia FMIPA Undip.
- Stum W, Morgan, J.J., 1996, Aquatic Chemistry, Third Edision, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Subowo, T., dkk, 1985, Kimia Fisika 2, Armico, Bandung.
- Suminten, N.K., Sudiarta, I.W., dan Simpen, I.N., 2014, Adsorpsi Ion Logam Cr(III) pada Silika Gel dari Abu Sekam Padi Termodifikasi Ligan Difenilkarbazon (Si-DPZon), *Jurnal Kimia*, 8(2): 231-236.
- Supriyanto, Samin, Zainul, 2007, Analisis Cemar Logam Berat Pb, Cu dan Cd pada Ikan Tawar dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), *Seminar Nasional III, SDM TeknologiNuklir* 147-151.
- Surhayana, 2012, Dasar-Dasar dan Pemanfaatan Metode Difraksi Sinar-X, Surakarta, Universitas Sebelas Maret.
- Taba, P., 2001, *Mesoporous Solids as Adsorbent*, PhD Thesis, The University of New South Wales : Australia.
- Taba, P., 2008, Adsorption of Water and Benzene Vapour in Mesoporous Materials, *Makara Sains*, 12 (2): 120-125.
- Taguchi, A., and Schüth, F., 2005, Microporous Mesoporous, *Adv.Mater*, 77, 1-45.

